

Efeito da Conversão de Vegetação Nativa em Cultivo nos Estoques de Carbono do Solo no Cerrado⁽¹⁾.

Airton Rener Pestana do Nascimento⁽²⁾; Sheila Lopes da Silva⁽³⁾; Carolina Rodrigues Gonzalez⁽⁴⁾; Alexandre de Siqueira Pinto⁽⁵⁾; Mercedes Maria da Cunha Bustamante⁽⁶⁾; Eloisa Aparecida Belleza Ferreira⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do projeto INCT para Mudanças Climáticas (MCTi/CNPq), sub-projeto 3.1.4 Ciclos Biogeoquímicos Globais e 3.2.5 Biodiversidade

⁽²⁾ Estudante; Universidade de Brasília (UnB); Brasília, Distrito Federal; airtonrener@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante; UnB; Brasília, Distrito Federal; ⁽⁴⁾ Estudante; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, Pernambuco; ⁽⁵⁾ Professor; Universidade Federal de Sergipe; São Cristóvão, Sergipe; ⁽⁶⁾ Professora; UnB; Brasília, Distrito Federal; ⁽⁷⁾ Pesquisadora; EMBRAPA Cerrados; Planaltina, Distrito Federal

RESUMO: Mudanças no uso da terra alteram o balanço de carbono (C) no sistema. O objetivo do trabalho foi de comparar o efeito no estoque de C no solo pela conversão da vegetação nativa de cerrado em cultivo. Foram comparados os estoques de C do solo em um experimento de rotação soja-milho e área de vegetação nativa adjacente como referência. Para análise regional, foi realizada a construção de um banco de dados com informações sobre estoques de carbono do solo. Em escala local, depois de 30 anos em cultivo convencional, houve redução significativa do estoque de C do solo. Em análise regional não houve diferenças significativas nos estoques de C entre vegetação nativa e áreas cultivadas, assim como não houve diferença para as taxas de acúmulo de C entre plantio direto e convencional. A diferença nos resultados obtidos nas diferentes escalas espaciais pode ter ocorrido pela grande variação observada nos dados, que deve ter ocorrido por diferenças em fatores ambientais, e também metodológicos.

Termos de indexação: plantio direto, plantio convencional, taxa de acúmulo de C.

INTRODUÇÃO

As savanas tropicais são ambientes com grande capacidade de dreno de carbono (C), pois apresentam altas taxas de produtividade de biomassa e estoque de C no solo. Porém esse potencial sofre forte ameaça pela crescente substituição da vegetação nativa pelas atividades agrícolas, que possuem menor capacidade de sequestro de C (Grace et al., 2006).

No Brasil, as emissões de gases do efeito estufa (GEE) estão principalmente relacionadas com as mudanças do uso da terra (MCT, 2009). Entretanto, algumas técnicas de manejo que implicam em melhorias (e.g., revolvimento mínimo do solo) podem potencializar a capacidade de sequestro de C atmosférico, resultando na mitigação da emissão de gases causadores do efeito estufa (Lal, 2010).

Compreender as variações nos estoques de C

do solo sob diversos tipos de manejo na agricultura auxilia o suporte a políticas públicas que mitiguem as emissões de GEE.

Esse estudo visa comparar, em um experimento de campo, o efeito da conversão de uma vegetação nativa de cerrado em cultivo nos estoques de C do solo, além de avaliar esta comparação em escala regional, estimando também as taxas de acúmulo de C do solo em dois tipos de manejos (plantio convencional e plantio direto).

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento de campo

O experimento foi instalado em Latossolo Vermelho distrófico com 51% de argila na Embrapa Cerrados em Planaltina, DF (15° 36' 03" S; 47° 42' 47" O). O clima da região é classificado como Aw (clima de savana com inverno seco), segundo a classificação proposta por Köppen, com temperatura média anual de 22°C e altitude de 1.023m.

O experimento foi implantado em 1979/1980, com uma rotação soja-milho. Uma área de referência (cerrado sentido restrito) e uma área de cultivo com arado de aivecas foram avaliadas neste estudo. Em 1974 a vegetação nativa foi removida e após aplicação de calcário dolomítico, o solo foi revolvido anualmente com arado de aivecas.

Em 2009, foram realizadas amostragens de solo em triplicata em um transecto. Amostras deformadas foram coletadas com trado holandês nas profundidades de (0-5cm; 5-10cm; 10-20cm; 20-30cm). Cada amostra foi composta por 5 subamostras. A densidade (Ds) foi determinada em amostras coletadas com um cilindro de 100 cm³, avaliando-se o peso da amostra após a secagem a 105°C.

As análises de carbono orgânico total foram realizadas por combustão via seca, em analisador elementar de CHN (modelo PE 2400, Série II CHNS/O, PerkinElmer, Norwalk, USA), da Embrapa

Cerrados, com material previamente macerado e peneirado, em peneira de 0,149 mm.

O estoque de carbono foi calculado considerando as 4 profundidades amostradas pela fórmula: $\text{Estoque (Mg ha}^{-1}\text{)} = \sum [\text{C (g kg}^{-1}\text{)} * \text{DAP (g cm}^{-3}\text{)} * \text{espessura da camada amostrada (cm)}]$.

Análise regional dos estoques de C do solo

Para aumentar a abrangência do estudo foi montado um banco de dados, organizado em planilha eletrônica, sobre os estoques de C em solos de Cerrado. As informações foram obtidas em artigos científicos publicados com revisão aos pares, e classificadas em vegetação nativa e pastagem, e também por profundidade (0–20 cm e 0–30 cm). Para calcular as taxas anuais de acúmulo de C em solos sob cultivo, por profundidade, utilizou-se a equação $C_t = (C_0 - C_1) * Y^{-1}$, onde C_t é a taxa de acúmulo de C do solo; o estoque de C do solo na vegetação nativa (C_0) e na área cultivada (C_1); Y representa o número de anos de conversão de vegetação nativa em área cultivada.

Análise estatística

A comparação das médias dos estoques de C do solo do experimento de campo foi feita através de teste-t. Em relação à análise em escala regional, no caso das comparações dos estoques de C do solo entre vegetação nativa e cultivo, e das taxas anuais de acúmulo de C do solo entre sistema convencional e plantio direto, foi utilizado o Mood's Median test, por se tratar de um teste pouco sensível a *outliers* (Siegel & Castellan, 1998). As análises foram feitas utilizando o programa STATISTICA 8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 1** está representada a distribuição espacial dos estudos avaliados, incluindo o experimento em campo e os sítios para análise regional.

Experimento de campo

Após 30 anos de conversão em cultivo convencional, independente da profundidade avaliada, houve uma redução nos estoques de C do solo (0–20 cm: $t=4,457$; $gl=4$; $P=0,011$; 0–30 cm: $t=2,997$; $gl=4$; $P=0,040$) (**Tabela 1**). Isto indica uma susceptibilidade à oxidação do C orgânico dos solos sob vegetação natural, quando estes são convertidos à agricultura.

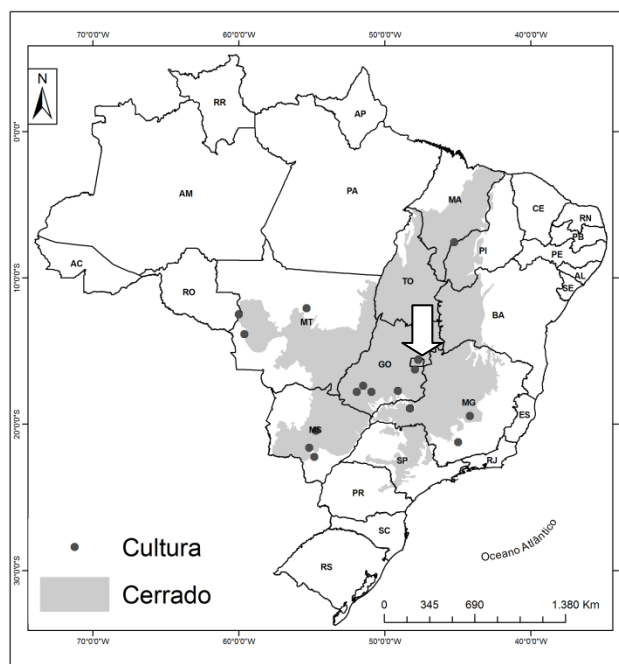


Figura 1 – Distribuição espacial dos sítios de estudo. Referências utilizadas: Bayer et al. (2006); Carvalho et al. (2009); Carvalho et al. (2010); Corazza et al. (1999); Corbeels et al. (2006); D'andrea et al. (2004); Frazão et al. (2010); Jantalia et al. (2007); Leite et al. (2010); Lilienfein & Wilcke (2003); Lilienfein et al. (2001); Rangel & Silva (2007); Roscoe & Buurman (2003); Salton et al. (2011); Siqueira Neto et al. (2010). A seta indica a localização do experimento em campo.

Os estoques de C do solo são determinados pelo balanço das entradas (o aporte de resíduos vegetais) e as saídas (decomposição da matéria orgânica do solo). Por isso, para ocorrer sequestro de C, é essencial o aumento das entradas de C, a diminuição da decomposição, ou ambos. A última é especialmente acelerada nos sistemas convencionais pela perturbação física com implementos no preparo do solo, a qual quebra os macroagregados (>0,25 mm) e expõe o solo antes protegido do processo de decomposição microbiana (Resck et al., 2000).

Análise regional dos estoques de C do solo

Independentes da profundidade avaliada, não foram observadas diferenças significativas nos estoques de C do solo entre a vegetação nativa e cultivo (**Figura 2**).

Tabela 1 – Estoques de C do solo (Mg ha^{-1}) em vegetação nativa de Cerrado e área de cultivo em duas profundidades

	Profundidade	
	0 – 20 cm	0 – 30 cm
Veg. nativa	49,4 (2,6)a	66,6 (3,8)a
Cultivo	37,7 (3,8)b	51,0 (8,2)b

Em uma mesma coluna, valores seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes ($P \leq 0,05$). Valores entre parênteses são o desvio padrão.

Foi observada uma grande variabilidade nos dados, com presença de *outliers*. Vários fatores podem estar associados a este fato, como histórico das áreas, diferentes tipos de manejos, idades e grau de conservação das áreas de cultivo e espécies cultivadas, além de diferenças nos atributos químicos e físicos do solo.

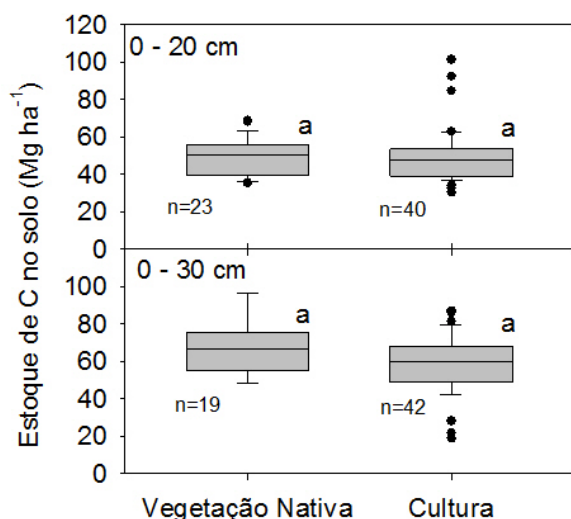


Figura 2 - Estoques de C (Mg ha^{-1}) do solo em vegetação nativa e áreas cultivadas no Cerrado. Boxplot com letras iguais na mesma profundidade não diferem significativamente entre si ($P \geq 0,05$). O “n” representa o número de médias avaliadas.

Outro fator a gerar variação nos dados foi a diferença metodológica para quantificação do teor de C do solo nos diferentes estudos. Até mesmo o cálculo do estoque de C de solos sob cultivo pode ser diferente, pois nem todos os trabalhos fazem a correção por equivalente em massa de solo da vegetação nativa. Este procedimento evita problemas de superestimação dos estoques de C do solo devido à compactação gerada pelo manejo (Marchão et al., 2009).

O Governo Brasileiro tem metas voluntárias de redução das emissões de GEE em até 38% até 2020. Como o uso da terra é uma das principais fontes de emissão de GEE, para se conseguir inventários acurados, sugere-se a padronização da metodologia dos estudos de estoque de C do solo.

Ao comparar as taxas de variações de C do sistema convencional e do plantio direto, independente da profundidade, não foram observadas diferenças significativas (**Figura 3**).

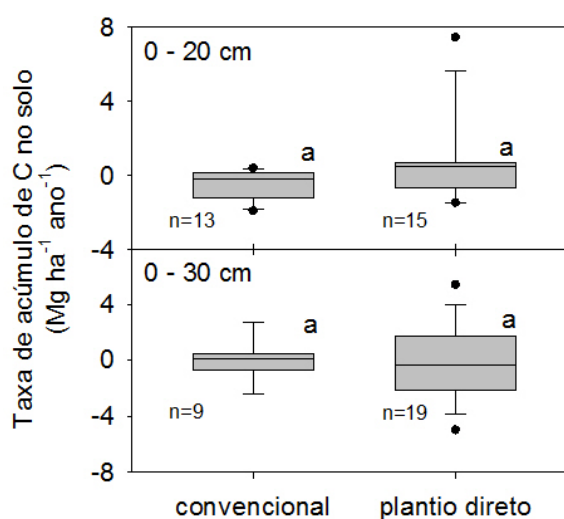


Figura 3 - Taxas anuais de acúmulo de C do solo ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) em áreas submetidas ao sistema convencional e plantio direto. Boxplot com letras iguais na mesma profundidade não diferem significativamente entre si ($P \geq 0,05$). O “n” representa o número de comparações (vegetação nativa VS. cultivo) avaliadas.

Entretanto, uma revisão sobre o efeito de sistemas de plantio direto comparado com os sistemas convencionais mostrou que a taxa de acúmulo de C no solo variava entre 0,3 e 1,91 $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Batlle-Bayer et al., 2010). Na análise regional foram observados tanto valores negativos quanto positivos de acúmulo de C no solo, portanto, são necessários mais estudos para avaliar corretamente os efeitos do plantio direto na dinâmica de C do solo.

CONCLUSÕES

Em escala local, a conversão de vegetação nativa de Cerrado para cultivo convencional promove redução dos estoques de C do solo.

Em escala regional, a grande variação nas taxas anuais de acúmulo de C em solos cultivados dificulta a determinação do efeito do plantio direto.



REFERÊNCIAS

- BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N.H.; BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. *Agr Ecosyst Environ*, 137:47-58, 2010.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil Till Res*, 86:237-245, 2006.
- CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G.S.; CERRI, C.E.P. et al. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. *Soil Till Res*, 110:175-186, 2010.
- CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J. et al. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. *Soil Till Res*, 103:342-349, 2009.
- CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte e depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Rev Bras Cienc Solo*, 23:425-432, 1999.
- CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A. et al. Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. *Glob Change Biol*, 12:1773-1787, 2006.
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. et al. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesqui Agropecu Bras*, 39:179-186, 2004.
- FRAZÃO, L.A.; SANTANA, I.K.D.S.; CAMPOS, D.V.B.D. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. *Pesqui Agropecu Bras*, 45:1198-1204, 2010.
- GRACE, J.; SAN JOSÉ, J.; MEIR, P. et al. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. *J Biogeogr*, 33: 387-400, 2006.
- JANTALIA, C.P.; RESCK, D.V.S.; ALVES, B.J.R. et al. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. *Soil Till Res*, 95:97-109, 2007.
- LAL, R. Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security. *BioScience*. 60(9):708-721, 2010.
- LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S.; HOLANDA NETO, M.R. et al. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. *R Bras Eng Agríc Ambiental*, 14:1273-1280, 2010.
- LILIENFEIN, J. & WILCKE, W. Element storage in native, agri-, and silvicultural ecosystems of the Brazilian savanna. *Plant Soil*, 254:425-442, 2003.
- LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; THOMAS, R. et al. Effects of *Pinus caribaea* forests on the C, N, P, and S status of Brazilian savanna Oxisols. *Forest Ecol Manag*, 147:171-182, 2001.
- MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BRUNET, D. et al. Carbon and nitrogen stocks in a Brazilian clayey oxisol: 13-year effect of integrated crop-livestock management systems. *Soil Till Res*, 103: 422-450.
- MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia. Inventário Brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. 2009. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0207/207624.pdf>. Acesso em 20 de abr. 2013.
- RANGEL, O.J.P. & SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Rev Bras Cienc Solo*, 31:1609-1623, 2007.
- RESCK, D.V.S.; VASCONCELLOS, C.A.; VILELA, L.; MACEDO, M.C.M. Impact of conversion of Brazilian Cerrado to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART B.A. (Eds.). *Global climate change and tropical ecosystems*. Boca Raton: RCR Press, 2000. p. 169-196.
- ROSCOE, R. & BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. *Soil Till Res*, 70:107-119, 2003.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. et al. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesqui Agropecu Bras*, 46:1349-1356, 2011.
- SIEGEL, S. & CASTELLAN, N. J. Jr. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1988. 312 p.
- SIQUEIRA NETO, M.; SCOPEL, E.; CORBEELS, M. et al. Soil carbon stocks under no-tillage mulch-based cropping systems in the Brazilian Cerrado: An on-farm synchronic assessment. *Soil Till Res*, 110:187-195, 2010.
- ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.V.S. Changes in soil organic carbon stocks through agriculture in Brazil. *Soil Till Res*, 84:28-40, 2005.